

# 盐度对克氏双锯鱼仔鱼活力和仔稚鱼培育效果的影响

叶乐<sup>1, 2</sup>, 杨圣云<sup>1\*</sup>, 王雨<sup>2</sup>, 吴开畅<sup>2</sup>

(1. 厦门大学海洋学系, 亚热带海洋研究所, 福建厦门 361005; 2. 中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心, 海南三亚 572018)

**摘要** [目的] 为提高克氏双锯鱼人工育苗技术提供科学依据。[方法] 研究不同盐度梯度海水对克氏双锯鱼仔鱼盐度耐受力及仔稚鱼培育效果的影响。[结果] 盐度为 15 psu 时, 仔鱼的生存活力指数(SAI) 最高, 为(5.67±0.27); 盐度为 5 psu 和 40 psu 时, SAI 较低, 分别为(0.20±0.17)和(1.25±0.25)。培育结果表明, 盐度对克氏双锯鱼仔稚鱼存活率存在显著影响, 盐度在 10~ 35 psu, 存活率呈现中间高两边低的趋势; 盐度为 15 psu 和 20 psu 时, 存活率最高, 分别为(50.37±3.35)%和(48.52±4.46)%; 盐度 10 psu 时, 存活率最低, 为(12.04±2.31)%。各盐度组仔稚鱼全长和体重的增长呈现随盐度上升而下降的趋势, 盐度 15 psu 时生长最快, 全长增长 12.46 mm, 体重增长 84.34 mg; 盐度 35 psu 时生长最慢, 全长增长 9.20 mm, 体重增长 33.44 mg。[结论] 克氏双锯鱼在盐度 15~ 20 psu 存活率最高, 盐度 10~ 15 psu 生长最快, 因此, 克氏双锯鱼仔稚鱼培育的最佳盐度是 15~ 20 psu。  
**关键词** 克氏双锯鱼; 盐度; 仔稚鱼; 生存活力指数; 仔稚鱼培育  
**中图分类号** S 917 **文献标识码** A **文章编号** 0517- 6611(2009)01- 00162- 03

**Effect of Salinity on the Survival Activity and Larviculture of Anemonefish ( *Amphiprion clarkii* )**  
**YE Le et al** (Department of Oceanography & Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005)  
**Abstract** [Objective] The scientific basis for improving the artificial rearing technique of anemonefish (*Amphiprion clarkii*) was provided through the experiment. [Method] The effect of the different salinity conditions on tolerance, survival and growth of larval anemonefish was studied. [Results] The survival activity index(SAI) of larval *A. clarkii* was the highest(5.67±0.27) at salinity 15 psu and the lowest(0.20±0.17) and (1.25±0.25) at salinity 5 psu and 40psu, respectively. The salinity had significant impact on survival of the larval anemonefish. The changing trend of survival rates was high at middle and low at both ends when salinity range at 10– 35 psu. The highest survival rates of the larvae were at salinity 15 and 20 psu, (50.37±3.35)% and (48.52±4.46)%, respectively; and, the lowest survival rate was at salinity 10 psu, (12.04±2.31)%. The salinity also influenced the growth of fish larval *A. clarkii* either in total length or in weight. The maximum growth was achieved at salinity 15( the full-length increment of 12.46 mm and weight increment of 84.34 mg) and the minimum growth was found at salinity of 35( the full-length increment of 9.20 mm and weight increment of 33.44 mg). [Conclusion] The survival rate of the larval *A. clarkii* was the highest at the salinity of 15– 20 psu and the fastest growth of the larvae was at the salinity of 10– 15 psu. Therefore, optimum salinity for the culture of larval *A. clarkii* appeared to be 15– 20 psu.  
**Key words** *Amphiprion clarkii*; Anemone fish; Salinity; Larvae; Survival activity index; Breeding

克氏双锯鱼(*Amphiprion clarkii*) 属雀鲷科(Pomacentridae)双锯鱼属(*Amphiprion*), 俗名双带小丑, 是小丑鱼家族的一员, 属于珊瑚礁鱼类。小丑鱼是热带海水观赏鱼的重要种类之一, 全世界共发现有 28 种。由于其强领域性行为、特殊的雄性先熟的性转化现象和独特的与海葵共生关系, 小丑鱼行为生态学在过去 30 多年始终是研究的热点。随着海水观赏鱼业的兴起, 小丑鱼繁殖生物学和繁殖技术研究逐渐为人们所重视, 已有一些关于提高小丑鱼繁育技术的研究报道。Frakes 等报道了硝酸氮对公子小丑(*A. ocellaris*) 仔幼鱼生长和存活的影响<sup>[1]</sup>; Arvedlund 等认为, 光照周期能显著影响黑红小丑(*A. melanopus*) 仔幼鱼的生长<sup>[2]</sup>; Gordon 等对黑边公子小丑(*A. percula*) 仔稚鱼的饵料及最佳“断奶期”进行了研究<sup>[3]</sup>; Johnston 等则分析了投喂策略对黑边公子小丑幼鱼存活和生长的影响<sup>[4]</sup>; Bridget 等研究了温度对黑红小丑游泳速度、生长和变态的影响<sup>[5]</sup>; Olivotto 等使用桡足类用于双带小丑仔鱼培育提高育苗存活率及缩短幼体变态时间<sup>[6]</sup>。然而, 盐度作为水产养殖中最重要的环境因子之一, 其对小丑鱼生理生态及育苗的影响迄今未见报道。因此, 笔者研究盐度对双带小丑仔鱼活力和仔稚鱼生长及存活的影响, 旨在为小丑鱼生理生态学研究提供理论依据, 并为提高小丑鱼人工育苗技术提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料 试验于 2008 年 4~ 10 月在南海水产研究所热带

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007YD01); 海南省重点科技计划项目(080130)资助。

作者简介 叶乐(1974- ), 男, 广东梅州人, 在读博士, 助理研究员, 从事海洋鱼类生理生态学研究。\* 通讯作者, E-mail: yangsy@xmu.edu.cn。

收稿日期 2008-10-27

水产研究开发中心(三亚)进行。试验用克氏双锯鱼亲鱼于 2006 年 8 月在海南三亚六道湾捕捞获得, 经过实验室人工配对催熟产卵, 取同一对亲鱼的后代, 孵化后挑选健康活力好的个体进行试验。亲鱼培育和孵化用水为天然沙滤海水, pH 值 8.0~ 8.2, 盐度 33~ 35 psu, 水温 25~ 27 ℃。

### 1.2 方法

**1.2.1 不同盐度条件下仔鱼活力的测定。**仔鱼的活力以生存活力指数(Survival activity index, SAI) 为衡量指标。试验设 5、10、15、20、25、30、35、40 psu 共 8 个盐度梯度, 每组 2 个平行共 16 个试验组。高盐度海水用天然沙滤海水(盐度 33 psu) 加盐卤配制而成, 低盐度海水用天然沙滤海水加经曝气 24 h 的自来水配制而成。仔鱼完全孵出后, 挑选经肉眼观察无异常的仔鱼 1 600 尾, 放入盛有 3 000 ml 不同盐度海水的烧杯, 每试验组 100 尾, 置阴凉通风处静水培育不投饵, 每天计算死亡的仔鱼数, 直至仔鱼全部死亡, 然后求得各试验组的 SAI 值。2008 年 4~ 10 月对同一对亲鱼产出的 3 批次仔鱼进行试验, 试验水温 26.0~ 27.5 ℃。

**1.2.2 不同盐度对仔稚鱼培育效果的影响。**试验设 10、15、20、25、30、35 psu 共 6 个盐度梯度, 每组 3 个平行。各盐度海水配置方法同上。试验在 18 个 0.2 m<sup>3</sup> 的塑料桶中进行, 每桶各放入同批次 200 尾初孵仔鱼(全长 3.7~ 4.1 mm)。饲养初期微充气, 随着个体的生长, 充气量逐渐加大。流水培育, 仔鱼期日换水量为 20%~ 50%, 稚幼鱼期为 100%~ 200%。培育期间水温 26.0~ 27.0 ℃。培育水槽的周围及上方悬挂遮阳网以调节光度, 光照强度控制在 800~ 1 000 lx。

试验仔鱼的开口饵料采用小型褶皱臂尾轮虫, 投喂前用鱼肝油和小球藻强化, 到仔鱼全长 7~ 8 mm 时, 开始合并投

喂卤虫无节幼体。全长达 10 mm 时, 增加投喂桡足类。各种饲料的投喂量依仔稚鱼的发育情况而定。试验期从 2008 年 4 月 15 日至 5 月 10 日, 总计 25 d。

试验开始后, 每隔 5 d 各池分别取样 10 尾, 进行全长和体重测定。试验结束后全部取样计算存活率, 进行全长和体重测定。

1.2.3 数据处理分析。SAI 和存活率分别由下式计算:

$$SAI = \sum_{i=1}^K (N - h_i) \times i / N$$

式中,  $N$  为起始的仔鱼数;  $K$  为仔鱼全部死亡所需的天数;  $h_i$  为第  $i$  天时仔鱼的累计死亡数。

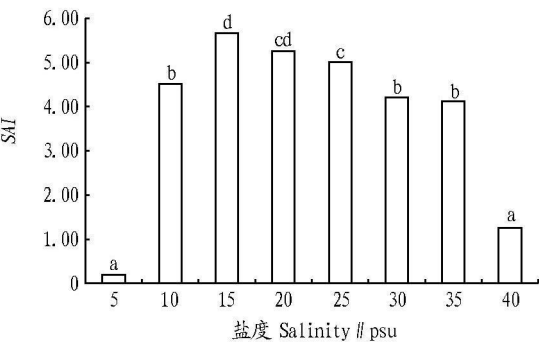
$$\text{存活率}(\%) = N_i / (N_0 - N_s) \times 100$$

式中,  $N_i$  为最终存活数;  $N_0$  为起始尾数;  $N_s$  为取样标本数。

采用 Excel 软件和 SPSS 13.0 软件对试验数据进行统计学分析, 先对数据作单因素方差分析 (ANOVA), 组间若有显著差异, 再作 Duncan's 多重比较,  $P < 0.05$  表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔鱼活力 2008 年 4~10 月对同一对克氏双锯鱼亲鱼产出的 3 批次仔鱼在 8 个梯度盐度下仔鱼活力研究表明, 初孵仔鱼从盐度 33 psu 水体转移到盐度 5 psu 和 40 psu 时几乎在 24 h 内全部死亡, 而转移至 10~35 psu 时, 24 h 存活率高达 90% 以上, 仔鱼存活时间 4~6 d。不同盐度条件下克氏双锯鱼仔鱼 SAI 最高为盐度 15 psu, 为 (5.67 ± 0.27), 其次为 20 psu 和 25 psu, 最低为 40 psu 和 5 psu (图 1)。



注: 不同小写字母表示在 0.05 水平存在差异。下同。

Note: Different letters denote significant differences ( $P < 0.05$ ) among salinities. Same as the next table.

图 1 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔鱼生存活力指数

Fig. 1 Survival activity indexes (SAI) of larval *A. clarkii* at different experimental salinities (Mean ± S.D.).

2.2 盐度对克氏双锯鱼仔稚鱼存活率的影响 对克氏双锯鱼初孵仔鱼在盐度 10~35 psu 条件下进行的 25 d 培育结果显示, 盐度对克氏双锯鱼仔稚鱼存活率存在显著影响 (图 2)。在盐度 30 psu 和 35 psu 时存活率比较低, 分别为 (18.52 ± 3.16)% 和 (17.59 ± 2.31)%, 随着盐度的降低, 存活率呈现升高的趋势, 在盐度 15 psu 和 20 psu 时达到最高, 随后盐度继续降低到 10 psu 时, 存活率急剧下降至最低值, 为 (12.04 ± 2.31)%。

2.3 盐度对克氏双锯鱼仔稚鱼生长的影响 低盐度组 (10 psu 和 15 psu) 仔鱼在第 7~8 天鳍棘形成, 开始被鳞并出现第一条色带, 转变为稚鱼, 中盐度组 (20 psu 和 25 psu) 和高盐度

组 (30 psu 和 35 psu) 则分别在第 8 天和第 9 天才开始转变为稚鱼; 低盐度组仔鱼在第 15~16 天均变态发育成为幼鱼, 完成了浮游生活到底部生活的转变, 而中盐度组在第 17~19 天完成转变, 高盐度组则需 19~21 d。经过 25 d 的培育, 全长和体重呈现随盐度降低而增加的趋势 (图 3~4)。各盐度试验组全长生长呈线性关系, 而体重呈指数增长模型 (表 1)。在盐度为 15 psu 的试验组, 克氏双锯鱼仔稚鱼全长和体重增长最大, 全长增长 12.46 mm, 体重增长 84.34 mg; 盐度为 35 psu 时, 生长最慢, 全长增长 9.20 mm, 体重增长 33.44 mg。根据 Duncan's 多重比较分析, 经过 25 d 的培育, 克氏双锯鱼全长和体重在盐度 10 psu 和 15 psu 时无显著差异 ( $P > 0.05$ ), 但显著高于其他盐度试验组 ( $P < 0.05$ ) (表 1)。

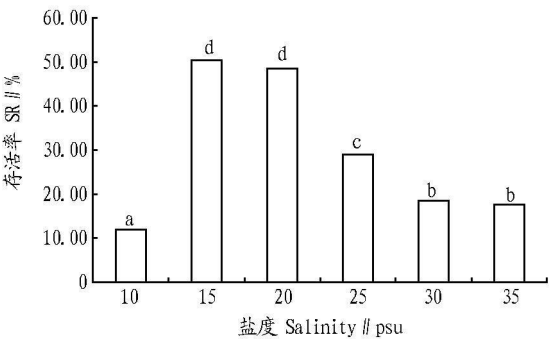


图 2 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔稚鱼的培育存活率

Fig. 2 Survival rates of larval and juvenile *A. clarkii* at different salinities

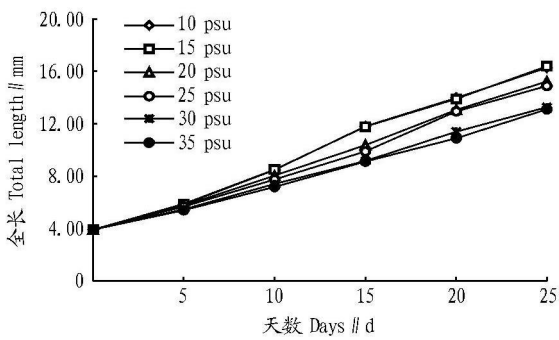


图 3 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔稚鱼全长的增长情况

Fig. 3 Growth in total length of larval and juvenile *A. clarkii* at different salinities

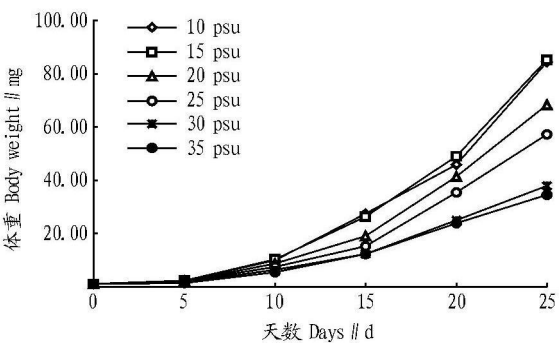


图 4 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔稚鱼体重的增长情况

Fig. 4 Growth in wet weight of larval and juvenile *A. clarkii* at different salinities

3 讨论

(1) SAI 值是海水鱼苗培育过程中常用的判断仔鱼活力、

质量好坏的指标之一。仔鱼不投饵条件下存活的时间越长，其 *SAI* 值就越高。王涵生等认为, *SAI* 值的高低与卵所积累

表 1 不同盐度条件下克氏双锯鱼仔稚鱼体长和体重的生长方程及相关系数

Table 1 Equation fitness and correlation coefficients for the growth in total length and wet weight of at larval and juvenile *A. darkii* different experimental salinities

盐度 // psu Salinities	全长 Total length			湿重 Wet weight		
	增长 // mm Total increment	生长方程 Growth equation	相关系数 <i>R</i> <sup>2</sup> Correlation coefficient	增重 // mg Total increment	生长方程 Growth equation	相关系数 <i>R</i> <sup>2</sup> Correlation coefficient
10	12.36 a	<i>y</i> = 0.516 <i>x</i> + 3.500	0.959	83.41 a	<i>y</i> = 1.1925 <i>e</i> <sup>0.181<i>x</i></sup>	0.921
15	12.46 a	<i>y</i> = 0.520 <i>x</i> + 3.508	0.962	84.34 a	<i>y</i> = 1.2037 <i>e</i> <sup>0.1797<i>x</i></sup>	0.932
20	11.30 b	<i>y</i> = 0.470 <i>x</i> + 3.458	0.951	67.44 b	<i>y</i> = 1.0966 <i>e</i> <sup>0.1712<i>x</i></sup>	0.930
25	10.96 b	<i>y</i> = 0.446 <i>x</i> + 3.380	0.828	56.26 b	<i>y</i> = 1.0114 <i>e</i> <sup>0.1709<i>x</i></sup>	0.944
30	9.37 c	<i>y</i> = 0.386 <i>x</i> + 3.562	0.942	36.84 c	<i>y</i> = 0.9675 <i>e</i> <sup>0.1557</sup>	0.916
35	9.20 c	<i>y</i> = 0.376 <i>x</i> + 3.517	0.932	33.44 c	<i>y</i> = 0.8384 <i>e</i> <sup>0.1597</sup>	0.911

注: *y* 为全长或体重; *x* 为截距(天数)。同列中不同小写字母表示在 0.05 水平有差异。  
Note: *y* = total length and wet weight, respectively; *x* = intercept. Different small letters in the same column indicate a significant difference level of 0.05.

的营养物质的数量和质量密切相关,进而与精卵发育时亲鱼的营养状况及其他生态条件密切相关<sup>[7]</sup>。在该试验中,克氏双锯鱼的 *SAI* 值最高值为 5.67,远低于其他种类鱼<sup>[7-10]</sup>,这说明 *SAI* 值因鱼种类而异。小丑鱼的 *SAI* 值较其他种类低,可能与其仔鱼卵黄消耗率和开口时间有关。小丑鱼仔鱼孵化后即进入混合营养期,1 日龄开口摄食,而赤点石斑鱼开口为 3 日龄,其 *SAI* 值最高为 12.42<sup>[7]</sup>;黄鲷 4 日龄才进入混合营养期开口摄食,其 *SAI* 值可达 47.53<sup>[10]</sup>。同时,该研究结果表明, *SAI* 值受仔鱼培育盐度的影响显著。因此, *SAI* 值大小除了受控于亲鱼营养和卵的质量外,也受控于仔鱼开口时间和培育生态环境(如水温 and 盐度等)。

(2) 仔鱼 *SAI* 值的高低通常是决定育苗成败的重要指标之一,其数值也可能因种类而异。如赤点石斑鱼仔鱼的 *SAI* 值只有在高于 5 时,才有可能进一步培育成苗<sup>[7]</sup>,而在该研究中,克氏双锯鱼 *SAI* 值在 4.12~ 5.67 时,都可以育苗成功。同时, *SAI* 值与育苗存活率也表现出一定的正相关关系,盐度 15 psu 和 20 psu 的 *SAI* 值最高,为 5.67 和 5.26,相应的育苗存活率也最高,分别为 50.37% 和 48.52%,但 *SAI* 值降到接近 4 时,育苗成活率较低。

(3) 盐度对克氏双锯鱼培育成活率影响显著,低盐度组(15 psu 和 20 psu)的仔稚鱼存活率较高,与林向阳等<sup>[8]</sup>对双棘黄姑鱼仔鱼和王涵生等<sup>[11]</sup>对真鲷仔稚鱼研究结果类似。许多海水鱼类仔鱼在较低盐度下成活率较高,是因为该盐度水平与鱼类体液的渗透压相一致<sup>[12]</sup>,可能是渗透压调节耗能较少,有更充足的能量用于器官发育和变态,但是具体影响途径目前还不清楚,有待进一步研究。

(4) 盐度是影响鱼类生长的重要因子。该研究中,克氏双锯鱼在盐度 10 psu 和 15 psu 下生长较快,这与许多海水鱼在较低盐度下生长较快是一致的<sup>[13-18]</sup>。盐度影响鱼类生长主要通过改变离子和渗透压调节耗能而影响鱼类生长能量的分配造成的。海水硬骨鱼初孵仔鱼体液中的盐度通常为 12~ 16 psu,当环境盐度为 15 psu 左右时,仔鱼用于维持体内渗透压的稳定而消耗的能量最少,更多能量可以用于其他生理过程,从而有利于仔鱼的生长<sup>[19-20]</sup>。除了能量分配差异外,Tsuzuki 等认为,在较低盐度条件下海水鱼消化和吸收能力提高也是生长加快的重要原因<sup>[18]</sup>。而 Alava 等认为,海水鱼在低盐度中生长较快,因此幼鱼偏向于在河口和淡水的低

盐度环境中生长,这是自然进化的结果<sup>[17]</sup>。但也有一些研究结果表明,低盐度对海水鱼类生长无影响<sup>[7-8]</sup>。因此,盐度影响广盐性鱼类生长和存活因种类而异,也可能与个体发育的不同阶段有关。笔者研究表明,低盐度对克氏双锯鱼仔稚鱼生长和存活是有利的,除了能量分配差异的原因外,还有可能是由于亲鱼来源是近岸珊瑚礁,靠近河口,不排除自然进化结果的可能,具体原因尚待进一步研究。

(5) 该研究揭示,克氏双锯鱼在盐度 15~ 20 psu 存活率最高,盐度 10~ 15 psu 生长最快。从育苗成活率和生长角度综合考虑,克氏双锯鱼仔稚鱼培育的最佳盐度是 15~ 20 psu。该研究结果对于小丑鱼繁育产业提高育苗技术和经济效益具有重要的应用价值。

参考文献

[1] FRAKES T, FRANK H H. Effect of high nitrate-N on the growth and survival of juvenile and larval anemonefish, *Amphiprion ocellaris* [J]. *Aquaculture*, 1982, 29 (1/2): 155- 158.  
[2] ARVEDLUND M, MCCORMICK M I, AINSWORTH T. Effects of Photoperiod on Growth of Larvae and Juveniles of the Anemonefish *Amphiprion melanopus* [J]. *Nga, The ICLARM Quarterly*, 2000, 23(2): 18- 23.  
[3] GORDON A K, KAISER H, BRITZ P. Effect of feed type and age at weaning on growth and survival of clownfish *Amphiprion percula* (Pomacentridae) [J]. *Aquarium Sci Cons*, 2000, 2(4): 215- 226.  
[4] JOHNSTON G, KAISER H, HECHT T, et al. Effect of ration size and feeding frequency on growth, size distribution and survival of juvenile clownfish, *Amphiprion percula* [J]. *J Appl Ichthyol*, 2003, 19(1): 40- 43.  
[5] GREEN B S, FISHER R. Temperature influences swimming speed, growth and larval duration in coral reef fish larvae [J]. *J Exp Mar Biol Ecol*, 2004, 299(1): 115- 132.  
[6] OLIVOTTO I, CAPRIOTTI F, BUTTNO I, et al. The use of harpacticoid copepods as live prey for *Amphiprion clarkii* larviculture: Effects on larval survival and growth [J]. *Aquaculture*, 2008, 274(2/4): 347- 352.  
[7] 王涵生, 方琼珊, 郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断 [J]. *水产学报*, 2002, 36(4): 344- 350.  
[8] 林向阳, 刘伟斌, 叶金聪. 盐度对双棘黄姑鱼仔鱼活力及仔稚鱼生长的影响 [J]. *台湾海峡*, 2005, 24(3): 351- 355.  
[9] 郑乐云, 方琼珊, 王涵生, 等. 盐度对斜带髯鲷仔鱼活力及摄食率的影响 [J]. *海洋科学*, 2004, 28(4): 5- 7.  
[10] 施兆鸿, 夏连军, 王建钢, 等. 盐度对黄鲷胚胎发育及早期仔鱼生长的影响 [J]. *水产学报*, 2004, 28(5): 599- 602.  
[11] 王涵生. 盐度对真鲷受精卵发育及仔稚鱼生长的影响 [J]. *中国水产科学*, 2002, 9(1): 33- 37.  
[12] HOLLIDAY F G T. The effect of salinity on the eggs and larvae of teleports [A]. *Fish physiology* [C]. New York: Academic Press, 1969: 293- 311.  
[13] LAMBERT Y, DUTIL J D, MUNRO J. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod (*Gadus morhua*) [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1994, 51(7): 1569- 1576.

(下转第 199 页)

当,最好在 45~ 50 ℃范围之内。

表 2 不同酶浓度对桑叶多糖提取率的影响

Table 2 The effect of enzyme level on the amylose extraction ratio %	
浓度 Concentration	提取率 Extraction ratio
0. 8	12. 70
1. 0	13. 94
1. 2	14. 01
1. 4	14. 03

表 3 不同提取温度对桑叶多糖提取率的影响

Table 3 The effect of reaction temperature on the amylose extraction ratio	
温度 Temperature // ℃	提取率 Extraction ratio// %
35	13. 44
40	13. 58
45	13. 72
50	13. 99
55	13. 82
60	12. 76
65	7. 10

2.4 酶提取时间对桑叶多糖提取率的影响 从表 4 可看出,酶提取时间与多糖含量关系呈正相关。随着酶提取时间的延长,提取多糖的量逐渐增加,但是多糖量提高的趋势越来越小。

表 4 不同酶提取时间对桑叶多糖提取率的影响

Table 4 The effect of reaction time on the amylose extraction ratio	
时间 Time// h	提取率 Extraction ratio// %
0. 5	13. 68
1. 0	13. 95
1. 5	13. 98
2. 0	14. 00

2.5 正交试验结果 在上述单因素试验的基础上,选定 4 因素 3 水平作正交试验,因素水平、试验结果及分析见表 5。从表 5 得出影响指标的主次因素依次为 B、C、D、A,即时间> 温度> 酶用量> pH 值,可知各因子的优化水平组合为 A<sub>2</sub>、B<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>、D<sub>2</sub>,即温度 50 ℃、pH 值为 4. 5、酶浓度为 1. 0%、提取时间为 1 h。

2.6 验证试验

①按照最佳提取工艺提取温度 50 ℃、pH 值为 4. 5、酶用

表 5 多糖提取的正交试验结果

Table 5 Orthogonal experimental results of amylose extraction					
试验 Experiment no.	因子 Factor				多糖提 取率// % Amylose extraction ratio
	温度// ℃ A	pH 值 B	酶用量// % C	时间// h D	
	Temperature	pH value	Enzyme dosage	Time	
1	1(45)	1(4. 0)	1(0. 8)	1(0. 5)	9. 67
2	1(45)	2(4. 5)	2(1. 0)	2(1. 0)	14. 03
3	1(45)	3(5. 0)	3(1. 2)	3(1. 5)	11. 23
4	2(50)	1(4. 0)	2(1. 0)	3(1. 5)	11. 83
5	2(50)	2(4. 5)	3(1. 2)	1(0. 5)	13. 07
6	2(50)	3(5. 0)	1(0. 8)	2(1. 0)	10. 44
7	3(55)	1(4. 0)	3(1. 2)	2(1. 0)	11. 72
8	3(55)	2(4. 5)	1(0. 8)	3(1. 5)	13. 00
9	3(55)	3(5. 0)	2(1. 0)	1(0. 5)	10. 21
R	0. 14	3. 30	1. 98	1. 08	

注: R 为极差值 R= 最大平均值- 最小平均值。

Note: R means range, R= Mean of maximum-mean of minimum.

量 1. 0%、提取时间 1 h、其他按照“2. 1”的流程进行提取。②不用酶进行提取,即流程为:煎煮→离心→萃取→离心→抽滤→浓缩→乙醇沉淀→洗涤→烘干→称量。按照方法①得到的桑叶多糖的收率为 14. 32%,按照方法②得到的桑叶多糖的收率为 10. 33%。

3 结论与讨论

笔者尝试利用复合酶法提取桑叶多糖,对影响多糖提取率的主要因素酶的浓度、酶作用的时间、酶作用的温度以及酶作用的 pH 值进行分析,通过单因素试验和正交试验确定了最佳提取条件为温度 50 ℃、pH 值为 5. 0、酶用量为 1. 0%、提取时间为 1 h,在此条件下,试验得出平均提取率为 11. 8%,桑叶多糖的得率提高了 38. 63%。还可以考虑复合酶:纤维素酶+ 果胶酶+ 木瓜蛋白酶在桑叶多糖提取中的应用。

参考文献

[1] 王小伙, 郭金, 王军文. 桑茶的营养、药理初探[J]. 桑蚕茶叶通讯, 2000 (3): 32- 34.

[2] 郑立颖, 魏彦明, 陈龙. 纤维素酶在黄芪有效成分提取中的应用[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(2): 94- 96.

[3] 周鹏, 谢明勇, 傅博强, 等. 茶叶粗多糖的提取及纯化研究[J]. 食品科学, 2001, 22(11): 46- 48.

[4] 杨莉, 刘亚娜. 酶法在中药提取制备中的应用[J]. 中草药, 2001, 24(1): 71- 73.

[5] 沈爱英, 朱子玉, 张文量. 桑叶水溶性多糖提取工艺的研究[J]. 蚕业科学, 2004, 30(3): 277- 279.

[6] 赵骏, 钟蓉, 王洪章, 等. 桑叶多糖提取工艺优选[J]. 中草药, 2000, 31(3): 347- 348.

(上接第 164 页)

[14] WOO N Y S, KELLY S P. Effects of salinity and nutritional status on growth and metabolism of *Spanx sarba* in a closed seawater system[J]. Aquaculture, 1995, 135(1/3): 229- 238.

[15] ALAVA V R. Effect of salinity, dietary lipid source and level on growth of milk-fish *Chanos chanos* fry[J]. Aquaculture, 1998, 167(3/4): 229- 236.

[16] IMSLAND A K, FOSS A, GUNNARSSON S, et al. The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Sophthalmus maximus*) [J]. Aquaculture, 2001, 198(3/4): 353- 367.

[17] IMSLAND A K, GUSTAVSSON A, GUNNARSSON S, et al. Effects of reduced

salinities on growth, feed conversion efficiency and blood physiology of juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) [J]. Aquaculture, 2008, 274(2/4): 254- 259.

[18] TSUZUKI M Y, SUGAI J K, MACIEL J C, et al. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities[J]. Aquaculture, 2007, 271(1/4): 319- 325.

[19] TYLER M, BLAXER J H S. The Effects of external salinity on the drinking rates of larvae of herring, plaice and cod[J]. J Exp Biol, 1988, 138(1): 1- 15.

[20] BOELF G, PAYAN P. How should salinity influence fish growth? [J]. Comp Biochem Physiol, Part C Pharmacol Toxicol, 2001, 130(4): 411- 423.